

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3333898 A1

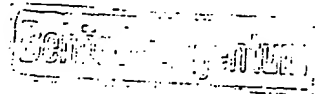
⑳ Aktenzeichen: P 33 33 898.1
㉑ Anmeldetag: 20. 9. 83
㉒ Offenlegungstag: 11. 4. 85

⑤ Int. Cl. 3:
B 01 D 53/34
B 01 D 50/00
B 01 D 45/12
B 01 D 47/06

DE 3333898 A1

㉓ Anmelder:
Birlauf GmbH, 7860 Schopfheim, DE

㉔ Erfinder:
Birlauf, Richard, Basel, CH

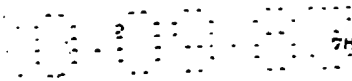


Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉕ Verfahren zum Reinigen von Abluft

Eine Abluftanlage (1) dient zum Reinigen von Schadstoffen, wie z. B. Säuredämpfe enthaltende Abluft, die beispielsweise von einem Säurebecken (2) mittels eines Saugventilators (3) abgesaugt wird. In die Abluftleitung (4) ist in einem Zwischenbereich ein erfindungsgemäßes Waschrohr (5) eingesetzt, in dem sich eine Drallführung (12) befindet, durch die in einer Benetzungseinrichtung (8) mit Wasser benetzte Abluft in eine Rotationsbewegung versetzt und dabei die gebundenen Schadstoffe fliehkraftbedingt in einen Außenbereich abgeführt werden. Dazu sind im unteren Bereich des Waschrohres (5) Ableitmittel, insbesondere Ableitöffnungen (13) zum Abführen der Schadstoffe in eine Schadstoffabführung (14) vorgesehen.

DE 3333898 A1



Firma
Birlauf GmbH
Hoheflumstraße 28
7860 Schopfheim

UNSERE AKTE - BITTE STETS ANGEREN!

S 83 382

Verfahren zum Reinigen von Abluft sowie Vorrichtung zur
Durchführung des Verfahrens

Patentansprüche

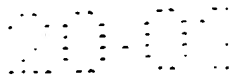
- ① Verfahren zum Reinigen von Schadstoffe enthaltender Abluft, insbesondere von Abluft, die z. B. Säuredämpfe, alkalische Dämpfe, Gifte und/oder feste Bestandteile enthält, wobei zum Binden der Schadstoffe ein Benetzen der Abluft mit Flüssigkeit erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß die benetzte Abluft in eine Rotationsbewegung versetzt und dabei die gebundenen Schadstoffe fliehkraftbedingt in einen Außenbereich der rotierenden Abluft abgeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abluft etwa schraubenlinienförmig um eine vorzugsweise etwa horizontale Achse geführt wird und daß die Schadstoffe vorzugsweise unten abgenommen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Abluft in Strömungsrichtung hinter dem Trennbereich für die Schadstoffe u. dgl. abgesaugt wird.
4. Vorrichtung zum Reinigen von Abluft insbesondere gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, wobei

die Vorrichtung eine Luftfördereinrichtung, eine Benetzungseinrichtung sowie wenigstens einen Führungskanal und eine Schadstoffabführung aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Führungskanal einen Ausscheideabschnitt (9) mit zumindest teilweiser, etwa kreisförmiger Umleitung der Abluft aufweist, in dessen Außenbereich zur Schadstoffabführung (14) führende Ableitmittel für die Schadstoffe angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausscheideabschnitt (9) etwa rohrförmig mit einer innen liegenden Drallführung (12) für die Abluft versehen ist und daß wandseitig etwa entgegen der Strömungsrichtung der rotierenden Abluft gerichtete Ableitmittel für die Schadstoffe angeordnet sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Drallführung (12) Leitflächen zum etwa schraubenlinienförmigen Führen der Abluft aufweist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Drallführung (12) als mindestens im wesentlichen durchgehende, an der Rohrrinnenwand (10) anliegende, vorzugsweise feststehende Leitschnecke (11) od. dgl. ausgebildet ist und daß zumindest zwischen einigen, vorzugsweise zwischen allen Schneckengängen Öffnungen (13) als Ableitmittel vorgesehen sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen (13) zum Ableiten der Schadstoffe schlitzförmig ausgebildet und dort insbesondere Auffanghutzen (15) angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ableitöffnungen (13) in einen gemeinsamen Ablaufkanal (16) münden.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausscheideabschnitt (9) etwa horizontal angeordnet ist und daß sich die Ableitöffnungen (13) im unteren Bereich des Rohres (5) befinden.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des Außenmantels des Außenrohres (23) zumindest im Bereich des Ausscheideabschnittes (9) abnehmbar ausgebildet ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Teil des Führungskanales, der zumindest den Ausscheideabschnitt (9) sowie die Benetzungseinrichtung (8) aufweist, als separates Waschrohr-Einsatzteil (5 bzw. 6), insbesondere mit Anschlußflanschen (7) an seinen Enden ausgebildet ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Benetzungseinrichtung (8) eine oder mehrere Sprühdüsen (25) aufweist, die zumindest vor bzw. im Eintrittsbereich der Abluft in den Ausscheideabschnitt (9), gegebenenfalls auch zum Teil innerhalb von diesem angeordnet sind.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitschnecke (11) einen zentralen Stab (24) aufweist, mit dem die Leitfläche(n) verbunden ist und daß die Leitfläche außenseitig zumindest abschnittsweise mit dem Außenrohr (23) verbunden ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die mit der Abluft in Berührung kommenden Teile des Waschrohr-Einsatzteiles (6) aus gegenüber den mitgeführten Schadstoffen widerstandsfähigem Material, insbesondere Kunststoff wie z. B. PVC, PP, PPS, PE u. dgl. bestehen.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Waschrohr-Einsatzteil (6) beispielsweise eine Gesamtlänge von etwa 4 m, einen Rohrdurchmesser von etwa 60 cm und eine Leitflächenlänge von etwa 2,5 m hat.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß hinter und gegebenenfalls vor der z. B. schneckenförmigen Leitfläche Ein- bzw. Auslaufführungsflächen (21, 22) mit etwa axialer Orientierung vorgesehen sind.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Steigung der Wendelung der Leitschnecke (11) od. dgl. derart vorgesehen ist, daß der Gesamtdurchtrittsquerschnitt im Bereich der Leitschnecke praktisch dem des Außenrohres entspricht.



5.

Firma
Birlauf GmbH
Hoheflumstraße 28
7860 Schopfheim

UNSERE AKTE - MITTE STETS ANGEREN!

S 83 382

Verfahren zum Reinigen von Abluft sowie Vorrichtung zur
Durchführung des Verfahrens

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Reinigen von Schadstoffe enthaltender Abluft, insbesondere von Abluft, die z. B. Säuredämpfe, alkalische Dämpfe, Gifte und/oder feste Bestandteile enthält, wobei zum Binden der Schadstoffe ein Benetzen der Abluft mit Flüssigkeit erfolgt.

Es ist zum Reinigen solcher Abluft bereits bekannt, Waschtürme oder Waschkammern zu verwenden, die einen unteren seitlichen Ablufteintritt und einen oberen Auslaß aufweisen. Dazwischen sind mit Abstand zueinander angeordnete Filterschichten vorgesehen, zwischen denen sich eine Benetzungseinrichtung mit Sprühdüsen befindet. Die Filterschichten sind beispielsweise mit sogenannten Raschigringen und Kunststoffgeln bestückt. Die Flüssigkeitspartikel mit den gebundenen Schadstoffen gelangen entgegen der Abluft-Durchförderrichtung zu einer unten liegenden Schadstoffabführung. Nachteilig ist bei diesen Waschtürmen u. dgl. insbesondere, daß eine Wartung in vergleichsweise kurzen Zeitabständen zur Reinigung der Filtereinsätze erforderlich ist. Außerdem ist nachteilig, daß durch das allmähliche Zusetzen der Filtereinsätze sich auch die Betriebssituation im Laufe der Zeit ändert. Bei der Wartung ist häufig neben einer Reinigung der Filtereinsätze auch ein Auswechseln von diesen erforderlich, so daß insgesamt ein hoher Wartungsaufwand

vorhanden ist. Schließlich ist auch der konstruktive Aufwand bei solchen Waschtürmen u. dgl. erheblich und es ist auch schwierig, diese wegen ihrer großvolumigen Bauweise (z. B. 3 m hoch, 1,5 m Durchmesser) räumlich unterzubringen. Sie werden daher häufig auch auf dem Dach eines entsprechenden Industriebetriebes montiert.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, insbesondere sowohl den Wartungsaufwand als auch den konstruktiven und Montageaufwand zu vermindern. Auch soll der erforderliche Platzbedarf reduziert werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß insbesondere vorgeschlagen, daß die benetzte Abluft in eine Rotationsbewegung versetzt und dabei die Schadstoffe fliehkraftbedingt in einem Außenbereich der rotierenden Abluft abgeführt werden.

Die Trennung der Schadstoffe erfolgt somit im wesentlichen durch Fliehkraft, so daß keine Filtereinsätze in üblicher Form verwendet werden müssen. Dadurch kann vor allem diejenige Wartung, die sonst insbesondere zur Reinigung der Filtereinsätze bzw. zu deren Auswechslung nötig war, entfallen. Auch bleibt bei diesem Reinigungsverfahren die Betriebssituation praktisch unverändert gleich gut, da keine sich allmählich zusetzende Filter u. dgl. vorhanden sind.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung wird die Abluft etwa schraubenlinienförmig um eine vorzugsweise etwa horizontale Achse geführt, wobei die Schadstoffe vorzugsweise unten abgenommen werden. Durch diese Führung der Abluft ist eine kompakte Bauweise einer Reinigungsvorrichtung möglich und durch das Abnehmen der Schadstoffe im unteren Bereich wird das insbesondere fliehkraftbedingte Ausscheiden der Schadstoffe noch durch die Schwerkraft unterstützt.

Zweckmäßigerweise wird die Abluft in Strömungsrichtung

hinter dem Trennbereich für die Schadstoffe u. dgl. abgesaugt. Dies hat den Vorteil, daß ein unerwünschtes Abführen eines Teiles der Abluft mit den Schadstoffen vermieden wird.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Reinigen von Abluft, wobei die Vorrichtung eine Luftfördereinrichtung, eine Benetzungseinrichtung sowie wenigstens einen Führungskanal und eine Schadstoffabführung aufweist. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist insbesondere dadurch gekennzeichnet, daß der Führungskanal einen Ausscheidungsabschnitt mit zumindest teilweiser, etwa kreisförmiger Umleitung der Abluft aufweist, in dessen Außenbereich zur Schadstoffabführung führende Ableitmittel für die Schadstoffe angeordnet sind. Durch die kreisförmige Umleitung werden fliehkraftbedingt die schwereren Bestandteile der Abluft nach außen gedrängt und können dort abgenommen werden. Man kommt somit ohne Filterschichten im üblichen Sinne aus.

Zweckmäßigerweise ist der Ausscheidungsabschnitt etwa rohrförmig mit einer innen liegenden Drallführung für die Abluft versehen, wobei wandseitig etwa entgegen der Strömungsrichtung der rotierenden Abluft geöffnete Ableitmittel für die Schadstoffe angeordnet sind. Durch die insgesamt rohrförmige Ausbildung und die innen liegende Drallführung ergibt sich insbesondere eine kompakte Bauform.

Vorteilhafterweise ist die Drallführung als mindestens im wesentlichen durchgehende, an der Rohrrinnenwand anliegende, vorzugsweise feststehende Leitschnecke od. dgl. ausgebildet, wobei zumindest zwischen einigen, vorzugsweise zwischen allen Schneckengängen Öffnungen als Ableitmittel vorgesehen sind. Eine solche Leitschnecke bildet eine strömungsgünstige Führung für die Abluft und läßt sich gegebenenfalls auch einfach z. B. aus einem durchgehenden Stück herstellen. Durch die fest-

stehende Anordnung weist die Reinigungsvorrichtung praktisch keine beweglichen und damit störanfälligen Teile auf.

Zweckmäßigerweise sind die Öffnungen zum Ableiten der Schadstoffe schlitzförmig ausgebildet und es sind dort insbesondere Auffanghutzen angeordnet. Die Schadstoffe können dadurch beim Außenbereich gut erfaßt und abgeleitet werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Teil des Führungskanales, der zumindest den Ausscheideabschnitt sowie die Benetzungseinrichtung aufweist, als separates Waschrohr-Einsatzteil, insbesondere mit Anschlußflanschen an seinen Enden, ausgebildet ist. Eine solche Ausbildung läßt gut den Einbau in eine bestehende Abluftleitung zu, so daß nur ein geringer Montageaufwand und andererseits auch kein zusätzlicher Platzbedarf erforderlich ist.

Zusätzliche Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Unteransprüchen aufgeführt. Nachstehend ist die Erfindung mit ihren wesentlichen Einzelheiten anhand der Zeichnung noch näher erläutert.

Es zeigt stärker schematisiert:

- Fig. 1 eine Vorrichtung zum Abführen und Reinigen von Abluft mit einem Waschrohr-Einsatzteil,
- Fig. 2 eine Aufsicht des in Fig. 1 gezeigten Waschrohres,
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines zum Teil aufgebrochen dargestellten Abschnittes eines Waschrohres,
- Fig. 4 eine perspektivische Detailansicht im Bereich einer Ableithutze und



Fig. 5 eine Seitenansicht etwa im gleichen Bereich eines Waschrohres wie in Fig. 4 gezeigt.

Eine im ganzen mit 1 bezeichnete Abluftanlage (Fig. 1) dient zum Abführen und Reinigen von Abluft, die beispielsweise von einem Säurebecken 2 eines chemischen Industriebetriebes od. dgl. abgesaugt wird. Ausgehend von dem Säurebecken 2 bis zu einem Saugventilator 3 sind die dazwischen liegenden Abluftleitungen 4 größtenteils strichliniert angedeutet und im Anschlußbereich zu einem erfindungsgemäßen Waschrohr 5 abschnittsweise erkennbar.

Bevor die Abluft hinter dem Ventilator 3 an die äußere Umgebung abgegeben werden kann, wie dies durch den Pfeil Pf 1 gekennzeichnet ist, ist es erforderlich, die darin enthaltenen Schadstoffe, hier z. B. Säuredämpfe, zumindest größtenteils zu entfernen. Dies erfolgt in bekannter Weise durch Benetzen der Abluft mit Wasser und durch anschließendes Abführen dieses Wassers mit den daran gebundenen Schadstoffen. Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, daß die benetzte Abluft in eine Rotationsbewegung versetzt und dabei die gebundenen Schadstoffe fliehkraftbedingt abgeführt werden.

Das erfindungsgemäße Waschrohr 5 ist vorteilhafterweise als Einsatzteil 6 ausgebildet, das vorzugsweise den gleichen Querschnitt wie die Abluftleitungen 4 hat. Es kann daher problemlos anstatt eines Teiles der Abluftleitung 4 eingesetzt werden. Zum Verbinden mit den sich anschließenden Abluftleitungen 4 sind Anschlußflansche 7 vorgesehen. Das Waschrohr 5 weist sowohl eine Benetzungseinrichtung 8 als auch einen Ausscheideabschnitt 9 und somit alle Einrichtungen zum Reinigen der Abluft auf. Vorteilhafterweise kann dadurch das Waschrohr 5 auch nachträglich durch Entfernen eines entsprechenden Abschnittes der Abluftleitung 4 in bestehende Abluftanlagen eingesetzt werden, ohne daß ein Mehrbedarf an

Platz besteht.

Das Waschrohr 5 weist im Bereich seines Ausscheideabschnittes 9 eine innen liegende Drallführung in Form einer durchgehenden, an der Rohrrinnenwand 10 anliegenden Leitschnecke 11 auf. Diese ist feststehend ausgebildet und zumindest bereichsweise mit der Rohrrinnenwand 10 verbunden. Die gemäß dem Pfeil Pf 2 zuströmende Abluft wird durch diese Drallführung 12 in eine schraubenlinienförmige Bewegung (Pfeil Pf 4) umgelenkt. Es treten dabei etwa radiale Fliehkkräfte auf, durch die die schwereren Bestandteile der Abluft, hier die mit Schadstoffen benetzten Wassertropfen, verstärkt nach außen in den Bereich der Rohrrinnenwand 10 gelangen. In diesem Außenbereich sind im unteren Bereich des Waschrohres 5 Ableitöffnungen 13 angeordnet, die zu einer Schadstoffabführung 14 führen. Die Ableitöffnungen 13 befinden sich jeweils zwischen den Schneckengängen der Leitschnecke 11. Zum besseren Erfassen der im Außenbereich rotierenden Schadstoffe u. dgl. sind entgegen der Strömungsrichtung dieser Rotationsbewegung gerichtete Ableitmittel angeordnet. Diese Ableitmittel sind gut in Fig. 4 und 5 erkennbar. Dabei sind oberhalb der schlitzförmigen Ableitöffnungen 13 durch schräg stehende Platten gebildete Auffanghutzen 15 angeordnet, durch die die gemäß dem Pfeil Pf 3 (Fig. 4) ankommenden Schadstoffe u. dgl. in die unterhalb der Ableitöffnungen 13 liegenden Schadstoffabführung 14 umgelenkt und abgeführt werden. Die Schadstoffabführung ist hier im wesentlichen durch einen unterhalb der Ableitöffnungen 13 und außerhalb des eigentlichen Waschrohres angeordneten Ablaufkanal 16 gebildet. Dieser weist eine schräg zu einem Anschlußstutzen 17 verlaufenden Boden 18 auf (Fig. 1).

Der Ventilator 3 ist in der Nähe des Abluftaustrittes angeordnet und saugt die Abluft durch das Waschrohr 5

hindurch. Dies hat zum einen den Vorteil, daß die Ventilator-
teile nur mit bereits gereinigter Abluft in Berührung
kommen und daß insbesondere auch verhindert wird, daß
ein größerer Teil der Abluft in die Schadstoffabführung
14 gelangt, wie es bei einer Druckbeaufschlagung von der
Eintrittsseite 19 des Waschrohres 5 her gegebenenfalls
der Fall wäre.

Die zum Teil aufgebrochene Darstellung insbesondere des
Ausscheideabschnittes 9 des Waschrohres 5 gemäß Fig. 3
läßt einerseits gut die etwa schneckenförmige Drallfüh-
rung 12 und andererseits auch am Eintrittsbereich 19 so-
wie beim Austrittsbereich 20 angeordnete Ein- bzw. Aus-
laufführungsflächen 21 bzw. 22 mit etwa axialer Orien-
tierung erkennen. Diese Flächen bilden jeweils die End-
stücke der Leitschnecke 11 und sind mit dieser vorzugs-
weise einstückig durchgehend verbunden. Durch diese Füh-
rungsflächen erfolgt im Eintrittsbereich 19 eine ver-
besserte, strömungsgünstige Zuführung zu der Leitschnecke
11, während im Austrittsbereich 20 die Auslaufführungs-
fläche 22 wieder mit dafür sorgt, daß die im Leitschnek-
kenbereich rotierende Abluft beruhigt und etwa axial
weitergeleitet wird.

Die Steigung der Wendelung der Leitschnecke 11 od. dgl.
ist so bemessen, daß einerseits die erforderliche Rota-
tionsbewegung der Abluft zur Ausscheidung von Schad-
stoffen erreicht wird, und daß andererseits aber der
Durchtrittsquerschnitt im Bereich der Leitschnecke 11
praktisch dem des Außenrohres 23 entspricht.

Zur mechanischen Stabilisierung der Leitschnecke 11 kann diese, ins-
besondere bei größerem Querschnitt des Außenrohres 23, noch einen zen-
tralen Stab 24 aufweisen, mit dem die Leitflächen der Leitschnecke 11
verbunden sind. Außenseitig ist die Leitschnecke zumindest abschnitt-
weise mit dem Außenrohr 23 verbunden, so daß dadurch in den meisten
Ausführungsformen eine genügende Stabilität der Leitschnecke 11, auch
ohne Stab 24, bei gleichzeitig weitgehend ungehindertem Durchtritt
vorhanden ist.

~~8~~
12.

Die Benetzungseinrichtung 8 weist im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 und 2 zwei Sprühdüsen 25 auf, die etwa vor dem Eintrittsbereich 19 der Abluft in den Ausscheideabschnitt 9 gegebenenfalls auch zum Teil innerhalb von diesem angeordnet sind. Die Benetzungseinrichtung 8 ist mit im Waschrohr 5 untergebracht, so daß dieses insgesamt die zur Reinigung von Abluft erforderlichen Einrichtungen aufweist.

Insbesondere für Inspektionszwecke ist ein Teil des Außenmantels des Außenrohres 23, insbesondere im Bereich des Ausscheideabschnittes 9, gegebenenfalls auch im Bereich der Benetzungseinrichtung 8 abnehmbar mit einem Deckel 26 ausgebildet.

Das gesamte, das Waschrohr 5 bildende Einsatzteil 6 kann beispielsweise eine Gesamtlänge von 4 m, einen Rohrdurchmesser von etwa 60 cm und eine Leitflächenlänge von etwa 2,5 m aufweisen. Die zumindest mit der Abluft in Berührung kommenden Teile des Waschrohres sind zweckmäßigerweise aus gegenüber den mitgeführten Schadstoffen widerstandsfähigem Material, insbesondere Kunststoff ausgebildet. Beispielsweise kommt dafür z. B. PVC, PP, PPS, PE u. dgl. in Frage.

Insgesamt weist das erfindungsgemäße Waschrohr 5 die wesentlichen Vorteile auf, daß durch den Aufbau des Waschrohres auch nachträglich noch ein Einbau in bestehende Abluftleitungen praktisch ohne zusätzlichen Platzbedarf möglich ist, und daß auch die Unterhaltskosten durch einen geringen Wartungsbedarf minimal sind. Der praktische freie Durchgang durch das Waschrohr verhindert nämlich Verkrustungen und Verstopfungen, die sonst bei Filteranlagen in aufwendiger Weise beseitigt werden müssen. Vorkalkulationen haben ergeben, daß gegenüber herkömmlichen Waschtürmen etwa die Hälfte der Endkosten eingespart werden können.

9
13

Alle in der Beschreibung, den Ansprüchen und der Zeichnung dargestellten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

- Zusammenfassung -

- 17.

Fig. 1

Offenlegungstag: 11. April 1985

PA Schmitt & Maucher Nr.:

SR3382 RILEY C-14

15.

